

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Univerzální zařízení pro lokální aplikaci hypotermie na oblasti zejména  
kolenního kloubu

Universal Device for Local Hypothermia Application on Areas Especially  
Knee-Joint

Student:

Bc. Martin Březík

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Březík**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: Univerzální zařízení pro lokální aplikaci hypotermie na oblasti zejména  
kolenního kloubu  
Universal Device for Local Hypothermia Application on Areas  
Especially Knee-Joint  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu uplatnění rehabilitačního chlazení v oblasti kolenního kloubu navrhnete zařízení dle PV 2016-781.

Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení.

Rozsah výtahu z rešerše z Diplomového projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 2A0.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.*

*Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.*

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.*

*Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.*

HUBKA, V. *Konstrukční nauka.*

Zürich: Heurista, 1995, 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

*Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*

FS\_SME\_05\_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu

V Ostravě: 21.5.2018

Maxim Brunk

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

21.5.2018

Martin Březík

Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Martin Březík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Klečůvka 1, Zlín 763 11

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BŘEZÍK, M. *Univerzální zařízení pro lokální aplikaci hypotermie na oblasti zejména kolenního kloubu: Diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 111 s. Vedoucí práce: Noga, Z.

Diplomová práce se zabývá návrhem prototypu chladicího zařízení, které je určeno pro léčbu a rehabilitaci kolenního kloubu. V rešeršní části je uveden význam léčby chladem, včetně přehledu dosavadního stavu techniky. Návrh prototypu respektuje metodický postup konstruování. Po zpracování seznamu požadavků, technického procesu, funkční struktury a morfologické matice byla vybrána orgánová struktura. Na základě této struktury byla zpracována výrobní technická dokumentace, dle které byly vyrobeny konstrukční díly zařízení, včetně výroby dílů 3D tiskem a kompletace zařízení. Součástí práce jsou provozní výsledky zařízení ve formě grafů, včetně doporučení pro další vývoj zařízení.

## ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

BŘEZÍK, M. *Universal Device for Local Hypothermia Application on Areas Especially Knee-Joint: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 111 p. Thesis head: Noga, Z.

Master thesis is dealing with design of cooling device pilot for treatment and physiotherapy of knee joint. In research part is mentioned importance of cooling treatment, including summary of State of the Art. Design of pilot respect metodical procedure of designing. After processing of requirements list, technical proces, functional structure and morphological matrix was choose organ structure. On base of this structure has been created production and technical documentation, according to which structural parts of the device was manufactured, including 3D print manufacturing of the parts and assembling of the device. Thesis include the operating results of the device in the form of graphs, including recommendations for further development of the device.

## Obsah

1	Úvod.....	14
2	Léčba chladem .....	15
2.1	Lokální hypotermie jako léčebná metoda .....	15
2.2	Terapeutický efekt lokální hypotermie .....	15
2.3	Využití lokální hypotermie .....	15
3	Dosavadní stav techniky .....	16
3.1	Metody bez regulace teploty .....	16
3.1.1	Ledové obklady a zábaly .....	16
3.1.2	Cryo spreje.....	16
3.1.3	Chladicí gely a podušky .....	17
3.2	Metody s regulací teploty .....	17
3.2.1	Zařízení s cirkulací chladicí kapaliny .....	18
3.3	Zhodnocení dosavadního stavu techniky .....	20
4	Upřesnění zadání .....	21
5	Požadavkový list .....	22
6	Kritéria pro výběr konceptu .....	24
7	Technický proces montáže .....	25
8	Funkční struktura .....	26
8.1	Seznam funkcí.....	26
8.2	Funkční strom a blokové schéma.....	29
9	Morfologická matice .....	32

10	Orgánová struktura.....	33
10.1	Popis varianty A chladicího prostředku.....	33
10.2	Popis varianty B chladicího prostředku .....	34
10.3	Výběr konceptu chladicího prostředku .....	35
10.4	Popis varianty A rozváděcího prvku.....	36
10.5	Popis varianty B rozváděcího prvku .....	37
10.6	Výběr konceptu rozváděcího prvku .....	38
10.7	Popis varianty A řídicího boxu .....	39
10.8	Popis varianty B řídicího boxu .....	40
10.9	Výběr konceptu řídicího boxu .....	41
11	Hrubá stavební struktura .....	42
11.1	Chladicí prostředek .....	42
11.2	Rozváděcí prvek .....	43
11.3	Řídicí box.....	44
11.4	Primární chladicí systém zařízení .....	45
11.4.1	Tepelný výkon produkovaný kolenem .....	46
11.4.2	Volba Peltierova článku .....	48
11.5	Sekundární chladicí systém .....	53
11.5.1	Průtokový chladič Peltierova článku .....	53
11.5.2	Volba průtokového chladiče Peltierova článku .....	54
11.5.3	Volba ostatních komponent sekundárního chladicího systému.....	56
11.5.4	Hydraulický okruh sekundárního chladicího systému .....	59



11.5.5	Výpočet místních hydraulických ztrát sekundárního chladicího systému ..	61
11.5.6	Analýza proudění pro určení tlakové ztráty průtokového chladiče .....	65
11.5.7	Celkové místní tlakové ztráty .....	67
11.5.8	Výpočet třecích hydraulických ztrát v sekundárním chladicím systému ....	68
11.5.9	Celkové třecí tlakové ztráty .....	69
11.5.10	Výpočet celkových tlakových ztrát v sekundárním chladicím systému .....	70
11.5.11	Kontrola čerpadla .....	70
11.6	Řídicí box .....	71
11.6.1	Řídicí jednotka .....	71
12	Čistá stavební struktura .....	72
12.1	Chladicí prostředek .....	72
12.2	Rozváděcí prvek .....	74
12.3	Fixační a seřizovací prvky .....	75
12.4	Řídicí box .....	77
13	Výroba zařízení .....	82
14	Montáž zařízení .....	83
15	Kontrolní měření .....	87
16	Modelování teplotního pole chladicího prvku pomocí počítačové simulace .....	95
	Závěr .....	99
	Poděkování .....	100
	Seznam použité literatury .....	101
	Seznam obrázků .....	105

Seznam tabulek .....	109
Seznam příloh.....	110

## Seznam použitých značek a symbolů

$C_d$ .....	Tepelný zisk, nebo ztráta člověka vedením	[W]
$c_{paAl}$ .....	Měrná tepelná kapacita hliníku	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$C_v$ .....	Tepelný zisk, nebo ztráta člověka prouděním	[W]
$d_H$ .....	Hydraulický průměr	[m]
$E_{diff}$ .....	Tepelná ztráta člověka difúzí pokožky	[W]
$E_{resp}$ .....	Tepelná ztráta člověka latentním dýcháním	[W]
$E_{rsw}$ .....	Tepelná ztráta člověka běžným pocením	[W]
$I_{max}$ .....	Maximální proud Peltierova článku	[A]
$L$ .....	Tepelná ztráta člověka citelným dýcháním	[W]
$M$ .....	Hodnota metabolismu	[W]
$\dot{m}$ .....	Hmotnostní průtok	[kg.s <sup>-1</sup> ]
$\dot{m}_{H_2O}$ .....	Hmotnostní průtok vody	[kg.s <sup>-1</sup> ]
$m_{chlp}$ .....	Hmotnost chladicího prvku	[kg]
$p_{č1}$ .....	Tlakový rozdíl jednoho čerpadla	[Pa]
$p_{č1,2}$ .....	Tlakový rozdíl dvou čerpadel v sérii	[Pa]
$P_{čl}$ .....	Tepelný výkon člověka	[W]
$P_{kolene}$ .....	Tepelný výkon kolena	[W]
$P_o$ .....	Tepelný výkon odváděný Peltierovým článkem	[W]
$P_{pmax}$ .....	Maximální chladicí výkon Peltierova článku	[W]
$p_{vstup}$ .....	Tlak na vstupu do průtokového chladiče	[Pa]

$p_{\text{výstup}}$ .....	Tlak na výstupu z průtokového chladiče	[Pa]
$p_{\text{celk}}$ .....	Celková tlaková ztráta	[Pa]
$p_{\text{zm}}$ .....	Místní tlaková ztráta	[Pa]
$p_{\text{zm},6-10,A}$ .....	Místní tlaková ztráta pro přechod 6mm – 10mm	[Pa]
$p_{\text{zm},90B}$ .....	Místní tlaková ztráta ve fitince 90° v úseku B	[Pa]
$p_{\text{zm}90k,A}$ .....	Místní tlaková ztráta v kompresní fitince 90° v úseku A	[Pa]
$p_{\text{zmchl}}$ .....	Místní tlaková ztráta průtokového chladiče	[Pa]
$p_{\text{zms}}$ .....	Součet místních tlakových ztrát	[Pa]
$p_{\text{zmt}}$ .....	Třecí tlaková ztráta v obecném místě	[Pa]
$P_{\text{zt}6,A}$ .....	Třecí tlaková ztráta v hadici 6mm v úseku A	[Pa]
$P_{\text{zt}6,B}$ .....	Třecí tlaková ztráta v hadici 6mm v úseku B	[Pa]
$p_{\text{zts}}$ .....	Součet třecích tlakových ztrát	[Pa]
$Q_{\text{ak}}$ .....	Akumulované teplo chladicího prvku	[J]
$Q_v$ .....	Objemový průtok	[l.s <sup>-1</sup> ]
$q_{\text{chl}}$ .....	Hustota tepelného toku člověka	[W.m <sup>-2</sup> ]
$R$ .....	Zisk, nebo ztráta člověka sáláním	[W]
$Re$ .....	Reynoldsovo číslo	[-]
$S_{\text{chl}}$ .....	Plocha povrchu lidského těla	[m <sup>2</sup> ]
$S_{\text{dlaně}}$ .....	Plocha lidské dlaně	[m <sup>2</sup> ]
$S_{\text{kolene}}$ .....	Plocha lidského kolena	[m <sup>2</sup> ]
$t_c$ .....	Teplota studené strany Peltierova článku	[°C]
$t_h$ .....	Teplota teplé strany Peltierova článku	[°C]

$t_{chlp}$ .....	Počáteční teplota chladicího prvku	[°C]
$U_{max}$ .....	Maximální napětí Peltierova článku	[V]
$v$ .....	Rychlost proudění v obecném průřezu	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_{10,A}$ .....	Rychlost proudění v hadici 10mm v úseku A	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_{6,A}$ .....	Rychlost proudění v hadici 6mm v úseku A	[m.s <sup>-1</sup> ]
$v_{6,B}$ .....	Rychlost proudění v hadici 6mm v úseku B	[m.s <sup>-1</sup> ]
$\Delta S$ .....	Změna tepelné kapacity člověka	[W]
$\Delta T_{max}$ .....	Maximální rozdíl teplot stran Peltierova článku	[°C]
$\Delta T_p$ .....	Provozní rozdíl stran Peltierova článku	[°C]
$\zeta$ .....	Součinitel místních tlakových ztrát	[-]
$\zeta_k$ .....	Součinitel místní tlakové ztráty v kolenu	[-]
$\zeta_{p,6-10}$ .....	Součinitel místní tlakové ztráty v přechodu	[-]
$\zeta_t$ .....	Součinitel místní tlakové ztráty v rozbočce	[-]
$\lambda$ .....	Součinitel třecích tlakových ztrát	[-]
$\nu_{H_2O}$ .....	Kinematická viskozita vody	[m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$\rho$ .....	Hustota	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\rho_{H_2O}$ .....	Hustota vody	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$T$ .....	Časový úsek v průběhu chlazení	[s]

## 1 Úvod

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci[1], ve které byl řešen návrh chladicího zařízení pro rehabilitaci oblasti kolenního kloubu. Diplomová práce přebírá základní a podstatné prvky bakalářské práce, které byly technicky rozpracovány a výstupem byl konkrétní koncept celého zařízení, včetně technických výpočtů.

Cílem diplomové práce je převzít základní koncept s charakteristickými prvky, koncept analyzovat a případně vhodně upravit na základě nabytých znalostí a zkušeností, které se přirozeně objevily od úspěšného obhájení bakalářské práce. Práce započatá v letech 2015 – 2016, za podpory Technologické agentury České republiky a jejího programu GAMA, vyvrcholila podáním přihlášky vynálezu PV 2016-781[2] a vývojem prvního prototypu.

Cílem diplomové práce je metodický návrh prvního prototypu chladicího zařízení, opírajícího se o princip zařízení definovaný v PV 2016-781. Požadovaným výstupem diplomové práce je zejména ověření provozních vlastností a funkce zařízení.

## **2 Léčba chladem**

### **2.1 Lokální hypotermie jako léčebná metoda**

Léčba chladem je součástí medicíny již od pradávna. Již v dávných dobách se využívalo chladu pro léčbu otoků, řezných a tržných ran. Léčba chladem je dlouhodobě spojena s lidovým léčitelstvím, například ve formě zábalů pro snížení horečky, či ledových obkladů pro zmírnění bolesti naraženin a pohmožděnin. V dnešní době je standartní součástí všeobecné medicíny, ortopedie a dalších lékařských disciplín.

### **2.2 Terapeutický efekt lokální hypotermie**

Při aplikaci chladu dochází ke konstrikcí, neboli zužování cév a tím k omezení přísunu krve do postiženého místa. Snížený průtok krve má za následek zpomalení rozvoje otoků a modřin a zároveň je prevencí proti dalšímu poškození tkáně.[3]

Ochlazením postižené oblasti dochází také k blokádě kožních nociceptorů, neboli receptorů bolesti, které jsou spojeny s pojivovou tkání v okolí postiženého místa. Tato blokáda vede ke sníženému vnímání bolesti, čehož se využívá například při sportovních úrazech. Obecně lze říci, že například při postižení kloubů se při aplikaci chladu zlepšuje jejich mobilita a funkce, zánětlivé i traumatické edémy se zmenšují a celkově dochází k potlačení zánětlivého procesu. Při krátkodobějším použití chladu lze pozorovat zvýšené svalové napětí, kdežto při dlouhodobějším chlazení dochází k následnému rozšiřování cév a relaxaci muskulatury.[4]

### **2.3 Využití lokální hypotermie**

Při rehabilitaci dochází až k 50% urychlení hojení šlach, vazů a kloubů, kdy dochází ke snížení svalového napětí a bolesti. Léčba chladem znatelně snižuje chronické bolesti, kladně působí na degenerativní onemocnění kloubů a šlach, pomáhá lidem ve vyšších věkových kategoriích. Využití najde u jedinců trpících artritickým syndromem a dekompenzovanou osteoartrózou, zejména zánětlivého charakteru. Například v ortopedii napomáhá k rychlejšímu hojení a snižování svalového napětí, včetně zvyšování rozsahu pohybu. U sportovců zmírňuje bolesti kloubů, léčí výrony, natržené vazy, svaly a zmírňuje hematomy.[5]

### 3 Dosavadní stav techniky

#### 3.1 Metody bez regulace teploty

Chladicí přípravky, u kterých uživatel není schopen určovat, jakou teplotu při terapii aplikuje, jsou známé svou výbornou dostupností. Nespornou výhodou je, že jsou snadno přenosné, prostorově úsporné a také, že mají okamžitý chladivý účinek. Nevýhodou je, že s časem se jejich teplota mění, často tak, že nejprve dojde k výraznému poklesu teploty, kdy hrozí riziko vzniku omrzlin, a následně k ohřevu chladicího prvku, kdy již nesplňuje požadované funkční parametry.

##### 3.1.1 Ledové obklady a zábaly

Ledové obklady jsou nejstarší metodou v léčbě chladem. Ledování je bezesporu nejdostupnější a nejjednodušší forma léčby chladem, kdy stačí mít po ruce led, který je nutné zabalit například do kuchyňské utěrky, nebo igelitového sáčku. Vhodná je také balení například zmrzlé zeleniny. U této metody chlazení existuje riziko vzniku omrzlin, pokud je led, či zmrzlý objekt v přímém kontaktu s tkání.



Obrázek 1: MUELLER Ice Bag 6621, sáček na led[6]

##### 3.1.2 Cryo spreje

Cryo spreje chladí pomocí syntetického suchého ledu. Jejich využití je zejména v oblasti sportu, kdy jsou využívány jako rychlý a dostupný prostředek při akutním poranění.

Použití chladicích sprejů jako přípravku první pomoci je vhodné zejména při natržení nebo pohmoždění svalů, kloubů, končetin způsobených nárazem – pohmožděním, vyvrtnutím apod., kdy zamezují rozvoji změn ve tkáni jako je výron, pohmoždění a jiná traumata.[7]





Obrázek 2: Cryo sprej[8]

### 3.1.3 Chladicí gely a podušky

Chladicí gely jsou dostupnou formou prostředku pro aplikaci chladu. Jejich funkce spočívá v předchlazení sáčku v mrazáku a následné aplikaci. Jako příklad je uveden chladivý polštářek Mueller, který je tvořen gelovými kuličkami, které i po zmražení zůstávají flexibilní a zajišťují lepší kontakt s chlazenou tkání. Použití polštářku je vhodné zejména v akutní fázi zranění.[9]



Obrázek 3: Mueller Chladivý/hřejivý polštářek gelové kuličky modrý[10]

## 3.2 Metody s regulací teploty

Druhou kategorií zařízení jsou již sofistikovanější chladicí systémy, u kterých je uživatel schopen v čase regulovat požadovanou chladicí teplotu. Nedochozí již k nárazové tvorbě chladicího efektu a postupnému ohřívání. Zařízení je schopno udržet chladicí teplotu po celou, uživatelem definovanou dobu.

### 3.2.1 Zařízení s cirkulací chladicí kapaliny

Zařízení s cirkulací chladicí kapaliny nejčastěji zahrnují kontrolní řídicí box, ve kterém je zabudován kontrolní panel, hydraulická zařízení, elektro zařízení a zásobník vody. Postižená tkáň je obalena pomocí matrací a podušek, které disponují kanály, ve kterých cirkuluje chladicí kapalina. Chladicí kapalina je ochlazována v řídicím boxu a to různými metodami – od ledu po termoelektrické chlazení. Zařízení disponují funkcemi jako chlazení, udržování teploty, nebo střídavá chladicí - zahřívací procedura.

#### Artic Sun 5000

Artic Sun 5000 je systém pro řízení a kontrolu teploty. Pracuje na bázi cirkulace chladicí kapaliny a příslušných vodních matrací a podušek. Zařízení je pacienta schopno ochlazovat, udržovat ho na přirozené teplotě a zahřívát.

Některé z výhod zařízení Artic Sun 5000:

- Precizní a přesné řízení teploty
- Rychlý náběh požadované teploty
- Snadné programování zařízení
- Zařízení obsahuje výcvikový modul pro začátečníky
- Zařízení je schopné zaznamenávat data, které je možné dále využívat[11]



Obrázek 4: Artic Sun 5000[12]

### Některé z technických parametrů Artic Sun 5000:

- Výkon chlazení: 750W
- Chladicí médium: Destilovaná, nebo sterilní voda
- Objem nádrže chladicí kapaliny: 3,5l
- Minimální teplota chladicí kapaliny: 4°C
- Maximální teplota chladicí kapaliny: 42°C
- Výška zařízení: 890mm
- Šířka zařízení: 360mm
- Délka zařízení: 470mm
- Váha prázdného zařízení: 43kg
- Váha plného zařízení: 47kg[11]

### Game Ready®

Game Ready je systém s cirkulací chladicí kapaliny, kde je voda rozváděna přes nádobu s ledem do řídicí jednotky a dále přes hadice k chladicí manžetě. Systém zefektivňuje terapii přídatnou kontrolovanou kompresí, která zaručuje dokonalý styk chladicí manžety a postižené tkáně.[13]



Obrázek 5: Game Ready – bandáž na rameno[14]

### 3.3 Zhodnocení dosavadního stavu techniky

V dnešní době je na trhu spousta zdravotnických zařízení určených pro aplikaci léčby chladem. Zejména jde o celou škálu chladivých podušek, které se před aplikací musí vychladit. Dalším hojně používaným přípravkem jsou spreje na bázi syntetického ledu.

Zmiňované komerčně prodávané přípravky jsou vhodné k jednorázovému použití, například při sportovním úrazu, kdy je nutné okamžitě chladit poraněné místo. Jsou lehce přenosné a v případě chladivých podušek i opakovaně použitelné. Navíc jsou cenově dostupné.

Tyto přípravky ovšem spojuje jeden velký nedostatek a to, že uživatel není schopen chladit tkáň na požadovanou teplotu. Přípravky nejsou schopny reagovat na danou situaci. Zda má být aplikováno rychlé akutní prochlazení právě poraněného místa, či méně intenzivní chlazení po delší dobu. Doba chlazení je dalším parametrem, který zmiňované prvky nejsou schopny regulovat. U gelových podušek dojde po čase k ohřívání namražené směsi. U chladivých sprejů jde o jednorázové zachlazení. U obou zmiňovaných zařízení navíc hrozí riziko vzniku omrzlin.

Systémy s cirkulací chladicí kapaliny, u kterých je možno regulovat teplotu, i čas chlazení, jsou většinou drahé a kvůli velkému množství chladicí kapaliny v okruhu také těžké a špatně přenosné. Nicméně jsou tyto zařízení velmi sofistikované a nabízejí celou škálu léčebných procedur – od chlazení, udržování teploty, až po střídavou proceduru teplo – chlad. Hlavní nevýhodou těchto zařízení je využití vody jako chladicího média. Cirkulující voda je chlazená v řídicím boxu a následně je dopravována k postižené tkáni. Tím vzniká rozdíl teplot mezi vodou předchlazenou v boxu a vodou v místě poranění.

Peltierův článek, jako zdroj chladicího výkonu, u kterého lze přesně regulovat teplotu přímo v místě poranění, včetně řízení požadované doby chlazení, dává možnost vzniku nového termoelektrického zařízení, které má potenciál konkurovat podobným sofistikovaným zařízením na trhu.

## **4 Upřesnění zadání**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **5 Požadavkový list**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## 6 Kritéria pro výběr konceptu

### Kritéria pro výběr konceptu

#### Chladicí prostředek:

- Rozměry a design
- Odolnost proti vnějšímu poškození
- Přenos sil od fixačních prvků
- Složitost montáže
- Kvalita ochrany vedení chladicí kapaliny a elektrické energie
- Odolnost proti vytržení vedení chladicí kapaliny a elektrické energie z chladicího prostředku
- Omezení v pohybu rehabilitujícího pacienta

#### Rozváděcí prvek:

- Rozměry a design
- Odolnost proti vnějšímu poškození
- Přenos sil od fixačních prvků
- Složitost montáže
- Kvalita ochrany vedení chladicí kapaliny a elektrické energie
- Odolnost proti vytržení vedení chladicí kapaliny a elektrické energie z rozváděcího prvku
- Omezení v pohybu rehabilitujícího pacienta

#### Řídicí box:

- Cena
- Bezproblémová funkce při provozu
- Přístup k servisním a montážním úkolům
- Odolnost proti vnějšímu poškození
- Hmotnost
- Rozměry
- Stabilita proti převrácení



## **7 Technický proces montáže**

Z důvodu obsáhlosti je schéma technického procesu montáže obsaženo v příloze A.

## 8 Funkční struktura

### 8.1 Seznam funkcí

Princip zařízení z hlediska chlazení, včetně hlavních konstrukčních uzlů byl rozpracován v bakalářské práci. Proto je seznam funkcí včetně dalšího metodického postupu konstruování rozdělen podrobněji na dané celky. Je třeba jasně definovat konkrétní prvky zařízení – jejich vzájemné vazby a propojení, tak aby mohl vzniknout funkční celek. Každý prvek zařízení plní svou základní funkci. Zařízení zahrnuje prvky, které funkce umožňují, jistí, měří a případně řídí.

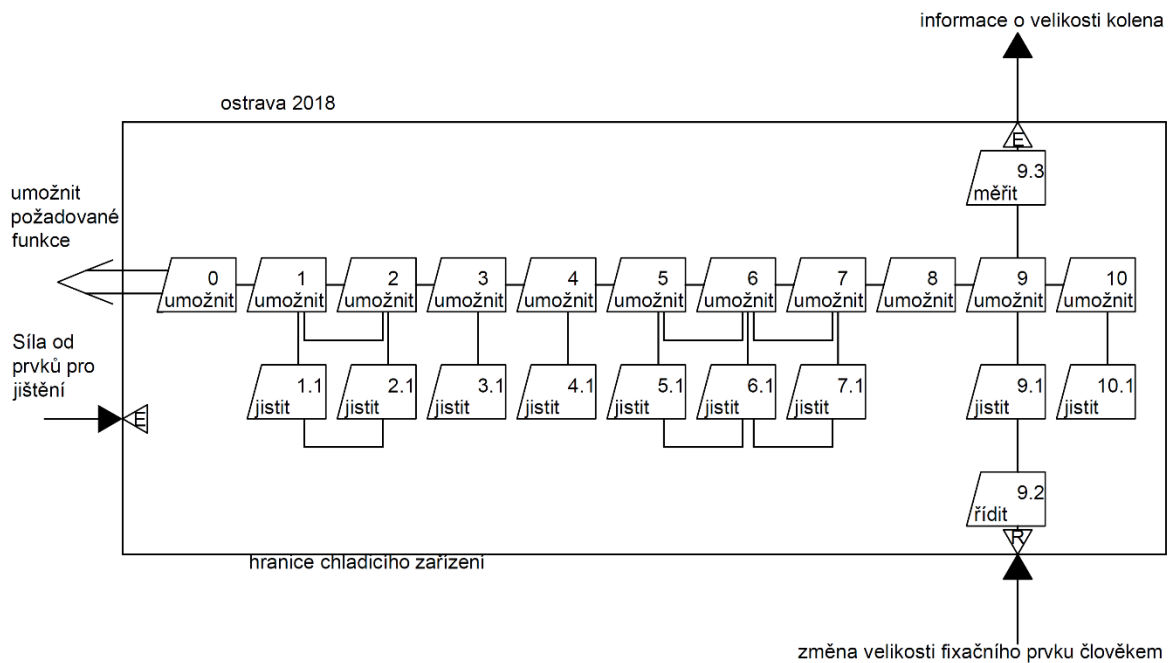
*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

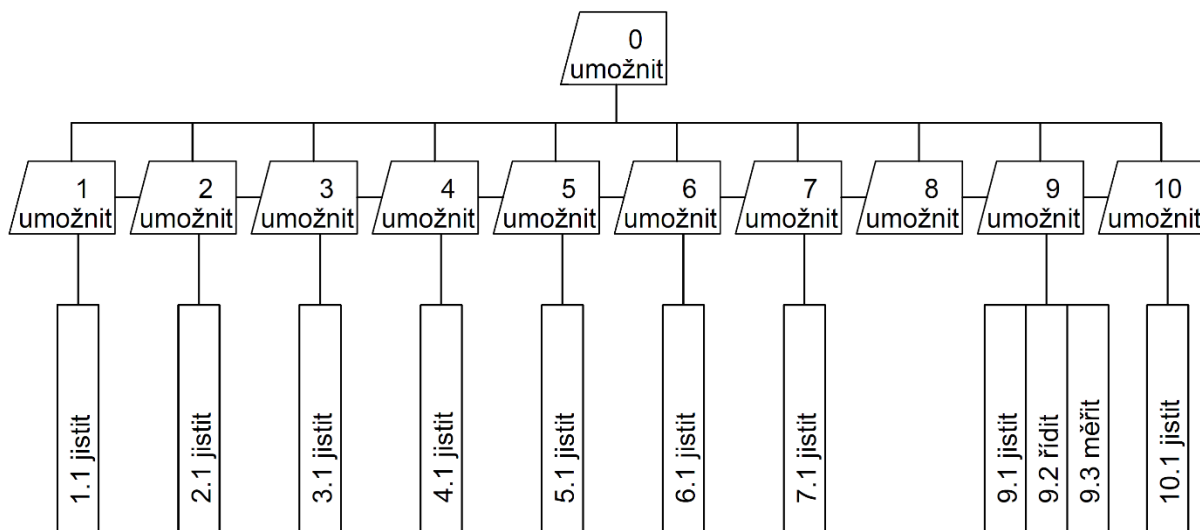
*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## 8.2 Funkční strom a blokové schéma

### Chladicí prostředek

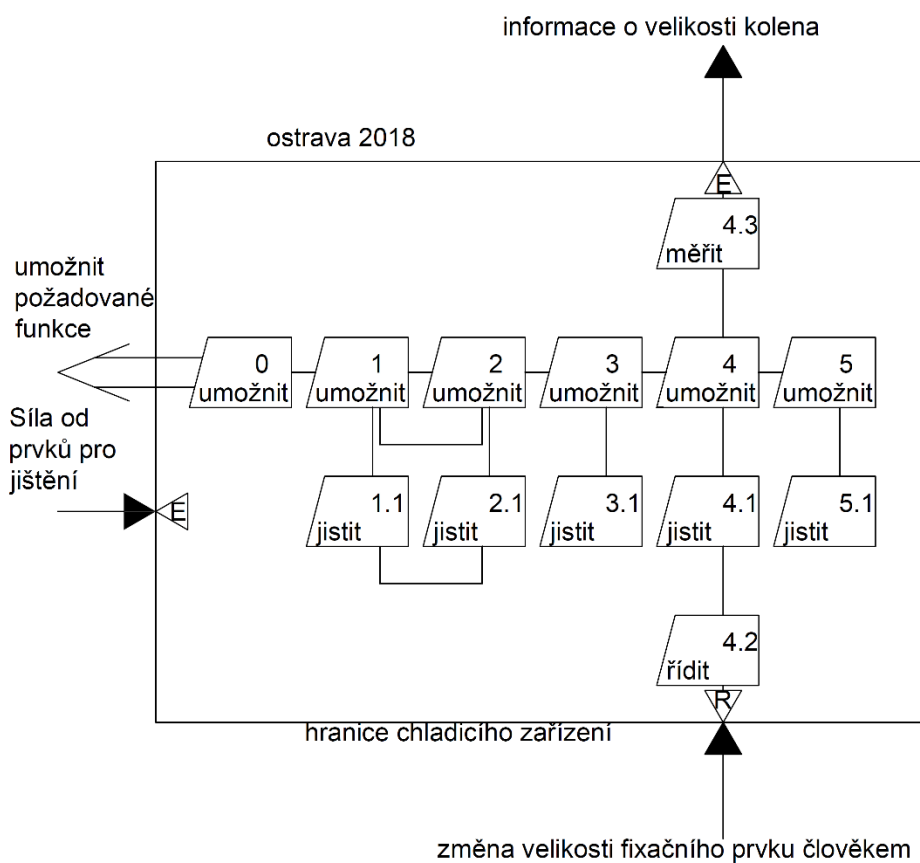


Obrázek 6: Funkční blokové schéma chladicího prostředku[15]

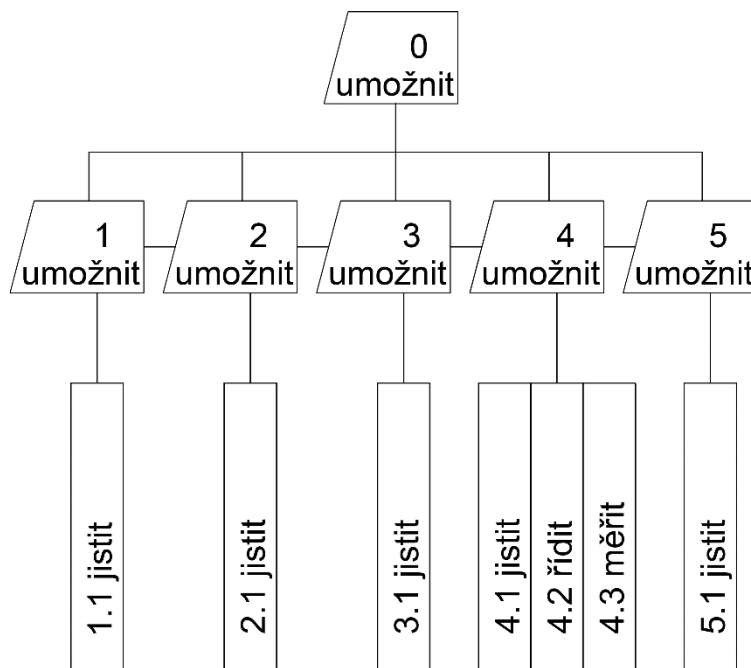


Obrázek 7: Funkční strom chladicího prostředku[15]

## Rozváděcí prvek

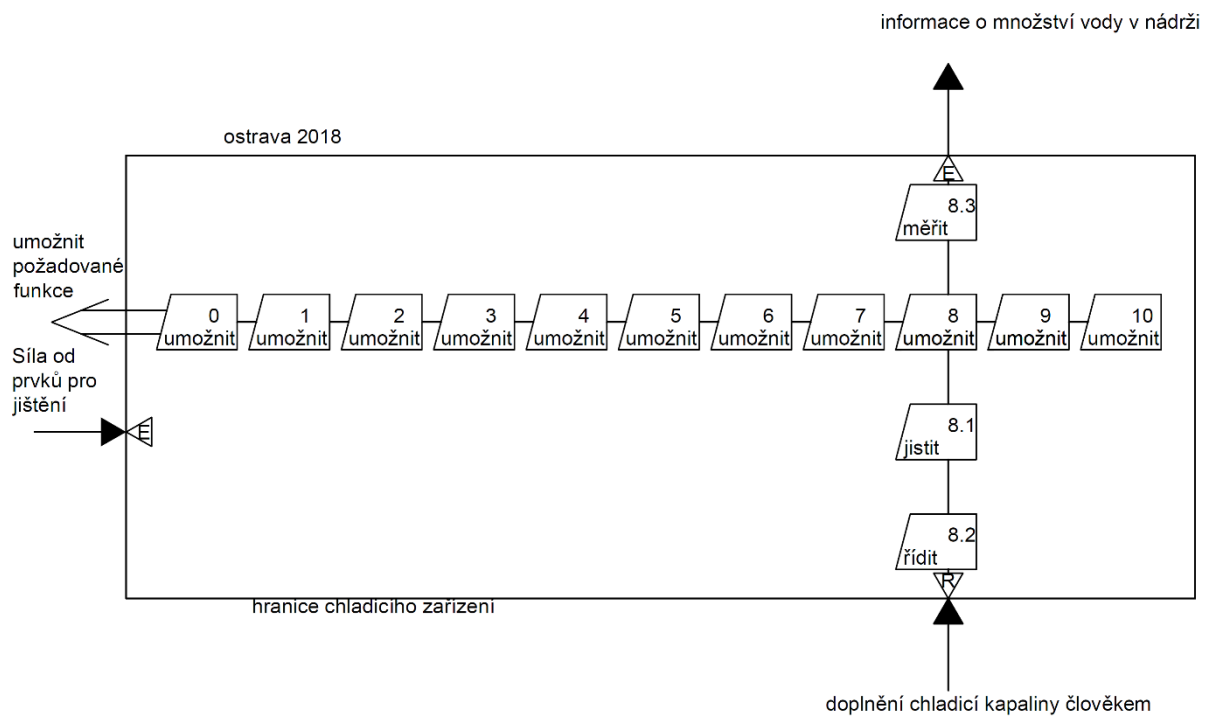


Obrázek 8: Funkční blokové schéma rozváděcího prvku[15]

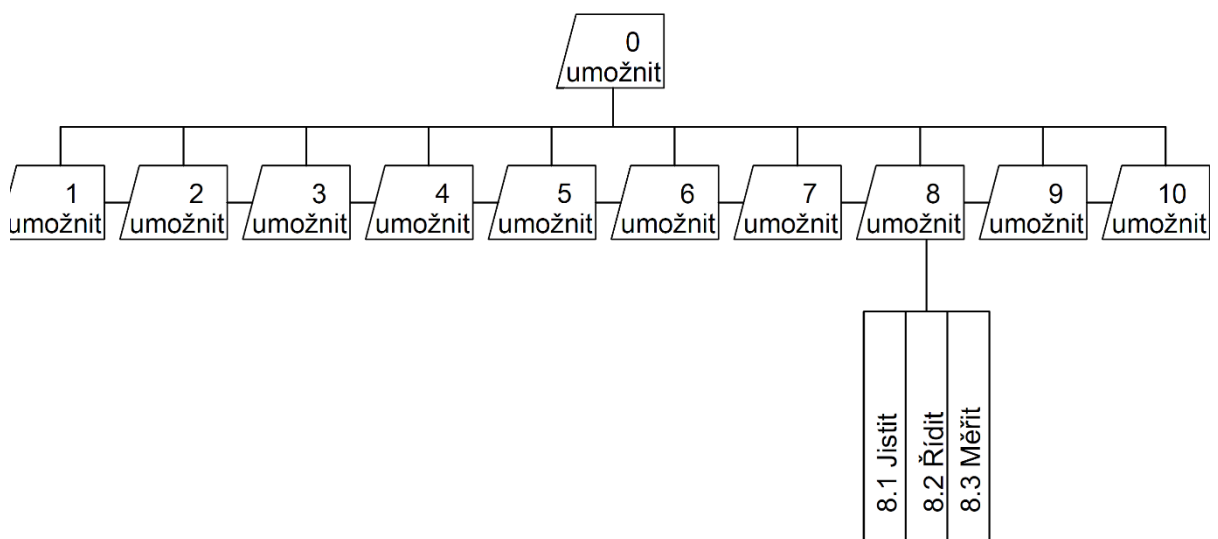


Obrázek 9: Funkční strom rozváděcího prvku[15]

## Řídicí box



Obrázek 10: Funkční blokové schéma řídicího boxu[15]



Obrázek 11: Funkční strom řídicího boxu[15]

## **9 Morfologická matice**

Vzhledem k tomu, že morfologická matice zahrnuje přiřazení funkcí jednotlivým orgánům pro chladicí prvek, rozváděcí prvek a řídicí box, je z důvodu obsáhlosti obsažena v přílohách B, C, D.



## **10 Orgánová struktura**

### **10.1 Popis varianty A chladicího prostředku**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **10.2 Popis varianty B chladicího prostředku**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## 10.3 Výběr konceptu chladicího prostředku

Výběr konceptu probíhá na základě hodnocení obou variant přiřazením příslušné známky. Znamkování probíhá od nejlepšího po nejhorší, to znamená od 1 do 5.

*Tabulka 1: Hodnocení konceptů chladicího prvku*

Kritérium	Varianta A	Varianta B
	Známka	Známka
Rozměry a design	1	5
Odolnost proti vnějšímu poškození	3	2
Odolnost proti silám od fixačních prvků	1	5
Složitost montáže	5	1
Kvalita ochrany vedení chladicí kapaliny a elektrické energie	1	3
Odolnost proti vytržení vedení chladicí kapaliny a elektrické energie z chladicího prostředku	2	4
Omezení v pohybu rehabilitujícího pacienta	2	2
Aritmetický průměr známek	2,1	3,1

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

#### **10.4 Popis varianty A rozváděcího prvku**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **10.5 Popis varianty B rozváděcího prvku**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## 10.6 Výběr konceptu rozváděcího prvku

Tabulka 2: Hodnocení konceptů rozváděcího prvku

Kritérium	Varianta A	Varianta B
	Známka	Známka
Rozměry a design	1	1
Odolnost proti vnějšímu poškození	3	1
Přenos sil od fixačních prvků	3	2
Složitost montáže	1	3
Kvalita ochrany vedení chladicí kapaliny a elektrické energie	1	1
Odolnost proti vytržení vedení chladicí kapaliny a elektrické energie z rozváděcího prvku	4	1
Omezení v pohybu a vhodnost umístění	5	3
Aritmetický průměr známek	2,5	1,7

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **10.7 Popis varianty A řídicího boxu**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **10.8 Popis varianty B řídicího boxu**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*



## 10.9 Výběr konceptu řídicího boxu

Tabulka 3: Hodnocení konceptů řídicího boxu

Kritérium	Varianta A	Varianta B
	Známka	Známka
Cena	1	5
Bezproblémová funkce při provozu	1	1
Přístup k servisním a montážním úkolům	1	5
Odolnost proti vnějšímu poškození	1	4
Hmotnost	4	1
Rozměry	3	1
Stabilita proti převrácení	2	3
Aritmetický průměr známek	2,1	2,8

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **11 Hrubá stavební struktura**

### **11.1 Chladicí prostředek**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **11.2 Rozváděcí prvek**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### 11.3 Řídící box

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **11.4 Primární chladicí systém zařízení**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### 11.4.1 Tepelný výkon produkovaný kolenem

Lidské tělo neustále produkuje teplo. Za produkcí tepla stojí bazální a svalový metabolismus. Bazální metabolismus produkuje teplo na základě biologických procesů, jako je spalování zdroje energie ve formě potravy. Svalový metabolismus produkuje teplo, jenž vzniká při činnosti svalů. V lidském těle probíhá neustálý proces, kdy je teplo z vnitřních tkání dopravováno k povrchu kůže, odkud je teplo odváděno sáláním, prouděním, vedením a vypařováním. Teplota v jádru lidského těla je okolo 37°C. Teplota kůže se pohybuje v rozmezí 31 až 34°C, podle teploty okolního prostředí.[16]

Tepelná bilance se dá vyjádřit následujícím vztahem:

$$M \pm R \pm C_v \pm C_d - E_{diff} - E_{rsw} - E_{resp} - L = \Delta S [W] \quad (1)$$

Kde M je hodnota metabolismu. R představuje ztrátu nebo zisk sáláním, C<sub>v</sub> zisk nebo ztrátu prouděním, C<sub>d</sub> zisk nebo ztrátu vedením. E<sub>diff</sub> představuje tepelnou ztrátu difúzí pokožky, E<sub>rsw</sub> tepelnou ztrátu běžným pocením, E<sub>resp</sub> tepelnou ztrátu latentním dýcháním, L tepelnou ztrátu citelným dýcháním. Hodnoty metabolismu mohou být vyjádřeny jako tepelný výkon (W), nebo hustota tepelného toku z povrchu člověka (W.m<sup>-2</sup>).[16]

Tabulka 4: Hodnoty metabolismu [16]

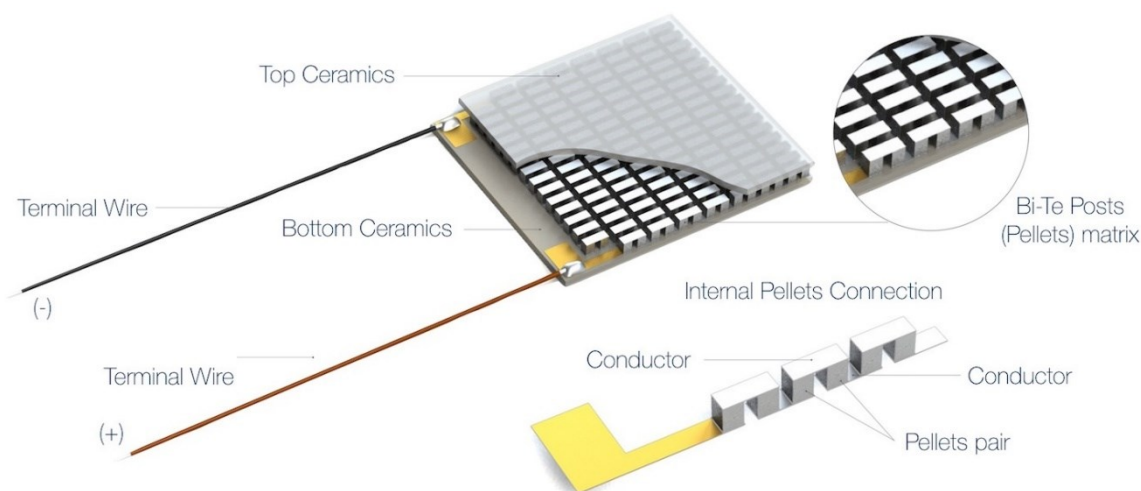
Činnost	W	W.m <sup>-2</sup>
Spaní	70	40
Odpočívání, ležení v posteli	80	46
Sezení, odpočívání	100	58
Stání, práce v sedě	120	70
Velmi lehká práce (učitel, nakupování, vaření)	160	93
Lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200	116
Středně těžká práce (tanec)	300	175
Těžká práce (tenis)	600	350
Velmi těžká práce (squash, práce v hutích)	700	410

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### 11.4.2 Volba Peltierova článku

Peltierův článek je tvořen velkým množstvím polovodičových hranolků, které jsou uspořádány mezi korundovými keramickými destičkami. Protéká-li polovodičovým hranolkem elektrický proud, je zároveň k jedné straně hranolku transportováno teplo. Je-li toto teplo odvedeno, ochlazuje se druhá strana hranolku do nízkých teplot. Z tohoto důvodu se jedna keramická destička zahřívá a druhá se ochlazuje[18]



Obrázek 27: Popis peltierova článku – Top Ceramics (vrchní keramická destička), Bottom Ceramics (spodní keramická destička), Terminal Wire (napájení +, -), Bi-Te Posts (Pellets) matrix (matice polovodičových hranolků), Conductor (vodivý element) Pellets pair (pár propojených polovodičových hranolků)[19]

Správná volba Peltierova článku ve výsledku ovlivňuje správnou funkci a výkonové parametry celého zařízení.

Peltierův článek je ve většině případů charakterizován maximálními výkonovými parametry při určité teplotě teplé strany článku. Jedná se o následující parametry:

Maximální rozdíl teplot teplé a studené strany Peltierova článku při nulovém chladicím výkonu:

$$\Delta T_{max}, (P_{pmax} = 0)$$



Maximální chladicí výkon Peltierova článku při nulovém rozdílu teplot teplé a studené strany Peltierova článku:

$$P_{pmax}, (\Delta T_{max} = 0)$$

Maximální proud odebíraný Peltierovým článkem při maximálním rozdílu teplot teplé a studené strany Peltierova článku:

$$I_{max}, (\Delta T_{max})$$

Maximální napětí při maximálním odběru proudu a nulovém chladicím výkonu

$$U_{max}, (I_{max}, Q_c = 0)$$

Všechny dané parametry jsou na sobě vzájemně závislé a správná volba může probíhat například pomocí výkonnostních grafů stanovených výrobcem. Výkonnostní grafy jsou výsledkem již zmíněné závislosti jednotlivých parametrů.[20]

V daném případě je nutné stanovit základní provozní parametry zařízení[20]:

- Maximální teplotní rozdíl teplé a studené strany Peltierova článku
- Výkon, který je nutné Peltierovým článkem odvádět
- Aplikovaný, nebo dostupný proud
- Provozní napětí peltierova článku
- Rozměrové parametry článku

Dle [20] lze přibližně odhadnout potřebný výkon Peltierova článku:

$$P_{pmax} = \frac{P_o}{1 - \frac{\Delta T_p}{\Delta T_{max}}} \quad (5)$$

$P_{pmax}$  je maximální chladicí výkon Peltierova článku,  $P_o$  je tepelný výkon, který je nutné článkem odvést (v daném případě tepelný výkon kolena),  $\Delta T_p$  je provozní (požadovaný) rozdíl teplot teplé a studené strany článku a  $\Delta T_{max}$  je maximální rozdíl teplot teplé a studené strany článku udávaný výrobcem.

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## 11.5 Sekundární chladicí systém

Sekundární chladicí systém má za cíl odvádět teplo z teplé strany Peltierova článku. Pokud by teplo z článku odebíráno nebylo, došlo by k rapidnímu nárůstu teploty teplé strany Peltierova článku, následně by se začala prohřívat i studená strana a došlo by k nevratnému poškození modulu.

### 11.5.1 Průtokový chladič Peltierova článku

Pro dosažení největšího teplotního rozdílu teplé a studené strany je nejlepším řešením použít vodní chlazení. Jedná se o složitější variantu, než je například použití vzduchem chlazeného bloku, nicméně je schopna zajistit mnohem nižší teplotu studené strany článku. Pro dosažení požadované teploty na studené straně článku je nutné zajistit rozdíl teplot  $\Delta T$  takový, při kterém ještě Peltierův článek generuje takové množství chladicího výkonu, které je potřebné pro spolehlivý odvod tepla z kolena.

Jako příklad uvedu Peltierův článek o maximálním rozdílu teplot teplé a studené strany  $68^{\circ}\text{C}$ . Pokud by byla na studené straně článku požadována teplota  $0^{\circ}\text{C}$ , stačilo by k dosažení požadované teploty udržovat teplotu teplé strany článku na hodnotě  $68^{\circ}\text{C}$ . Nicméně by bylo dosaženo maximálního rozdílu teplot teplé a studené strany článku  $\Delta T=68^{\circ}\text{C}$ , při kterém již modul negeneruje žádný chladicí výkon. Přiložením takto vychlazeného chladicího prostředku na koleno by došlo k zahřívání studené strany článku.

Je tedy nezbytné zvolit takový systém vodního chlazení a zejména průtokový chladič, který bude schopen pokrýt požadavky na teplotu studené strany Peltierova článku a bude výkonově schopen uchladiť jeho generovaný tepelný výkon.

### **11.5.2 Volba průtokového chladiče Peltierova článku**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **11.5.3 Volba ostatních komponent sekundárního chladicího systému**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*



*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

#### **11.5.4 Hydraulický okruh sekundárního chladicího systému**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **11.5.5 Výpočet místních hydraulických ztrát sekundárního chladicího systému**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*



### 11.5.6 Analýza proudění pro určení tlakové ztráty průtokového chladiče

Vzhledem k tomu, že výrobce průtokového chladiče neuvádí informace o tlakové ztrátě chladiče, je možné tlakovou ztrátu určit pomocí počítačové simulace. Simulace umožňuje sledovat chování tekutiny v chladiči, při určitých provozních parametrech. V daném případě je nutné analyzovat tlakovou ztrátu v chladiči a možností je i analýza rychlostí proudění tekutiny skrze chladič. K určování tlakových ztrát jsem využil software Autodesk® CFD.

Potřebné informace nezbytné k úspěšnému provedení analýzy:

- 3D model průtokového chladiče
- Informace o materiálech jednotlivých prvků chladiče
- Informace o kapalině proudící chladičem
- Informace o rychlosti chladicí kapaliny na vstupu do chladiče, nebo informace o velikosti průtoku vstupujícího do chladiče
- Informace o tlaku na výstupu z chladiče

Tabulka 9: Informace nezbytné pro simulaci proudění

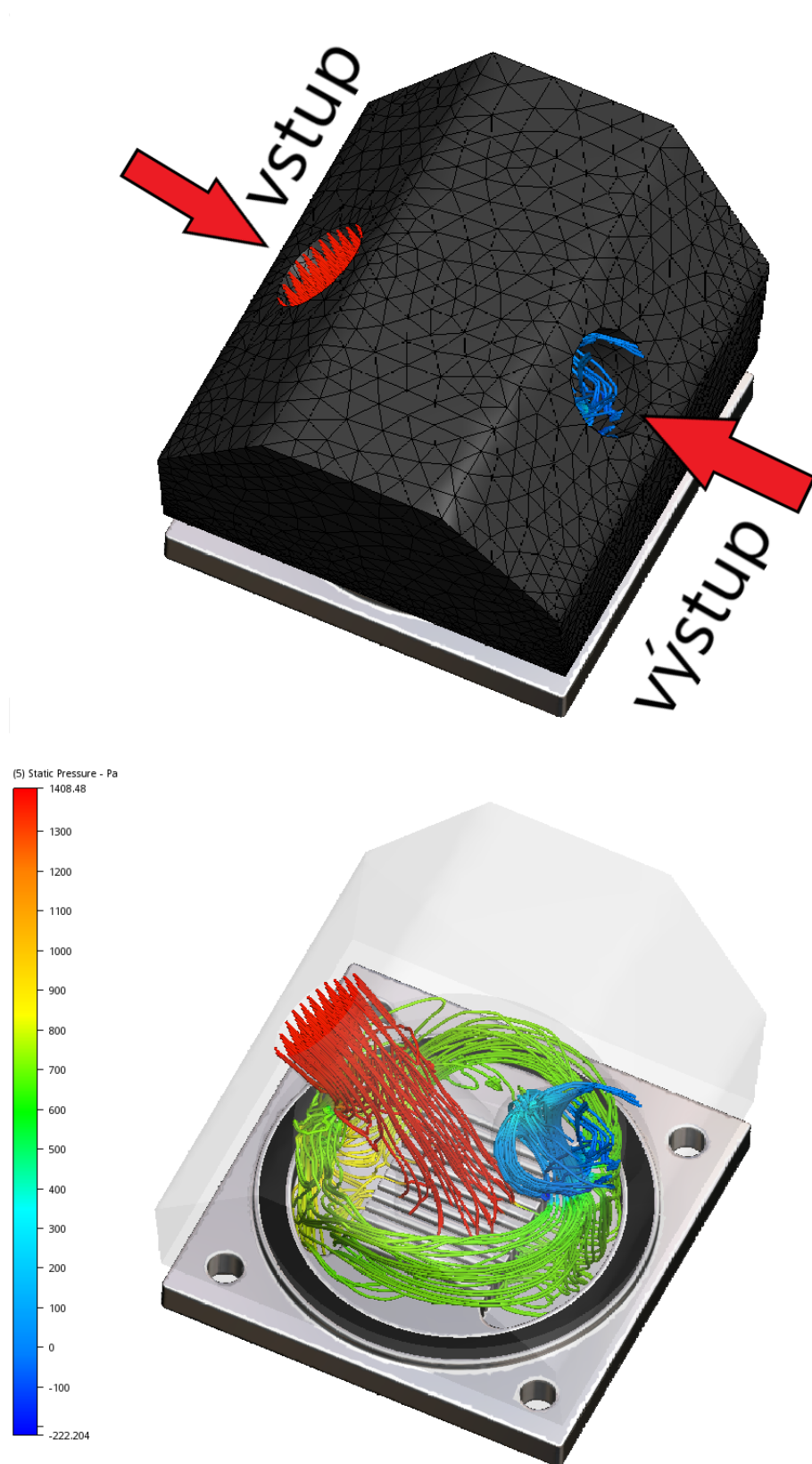
Informace nezbytné pro simulaci proudění	
Materiál průtokového chladiče	
Základna	Poniklovaná měď
Tělo bloku	Acetal
Proudění	
Chladicí médium	Voda
Průtok chladicího média	11.min <sup>-1</sup>
Tlak na výstupu chladiče	0 Pa

Výsledek analýzy:

Jelikož na vstupu je zadána okrajová podmínka průtoku chladicí kapaliny 11/min a na výstupu relativní tlak 0Pa, je tlaková ztráta rovna tlaku chladicí kapaliny na vstupu do chladiče.

Planes	Result Quantity	Místní ztráta	Reference Units	
		Místní ztráta		
	<b>Vstup</b>			
	Pressure	1365.46	N/A	Pa
	Volume flow rate	-1	N/A	l/min

Obrázek 38: Tlak na vstupu do chladiče



Obrázek 39: Výsledek analýzy tlakové ztráty – rozložení tlaku v průtokovém chladiči

### **11.5.7 Celkové místní tlakové ztráty**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **11.5.8 Výpočet třecích hydraulických ztrát v sekundárním chladicím systému**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **11.5.9 Celkové třecí tlakové ztráty**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **11.5.10 Výpočet celkových tlakových ztrát v sekundárním chladicím systému**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **11.5.11 Kontrola čerpadla**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **11.6 Řídící box**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **11.6.1 Řídící jednotka**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **12 Čistá stavební struktura**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **12.1 Chladicí prostředek**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*



*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **12.2 Rozváděcí prvek**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **12.3 Fixační a seřizovací prvky**

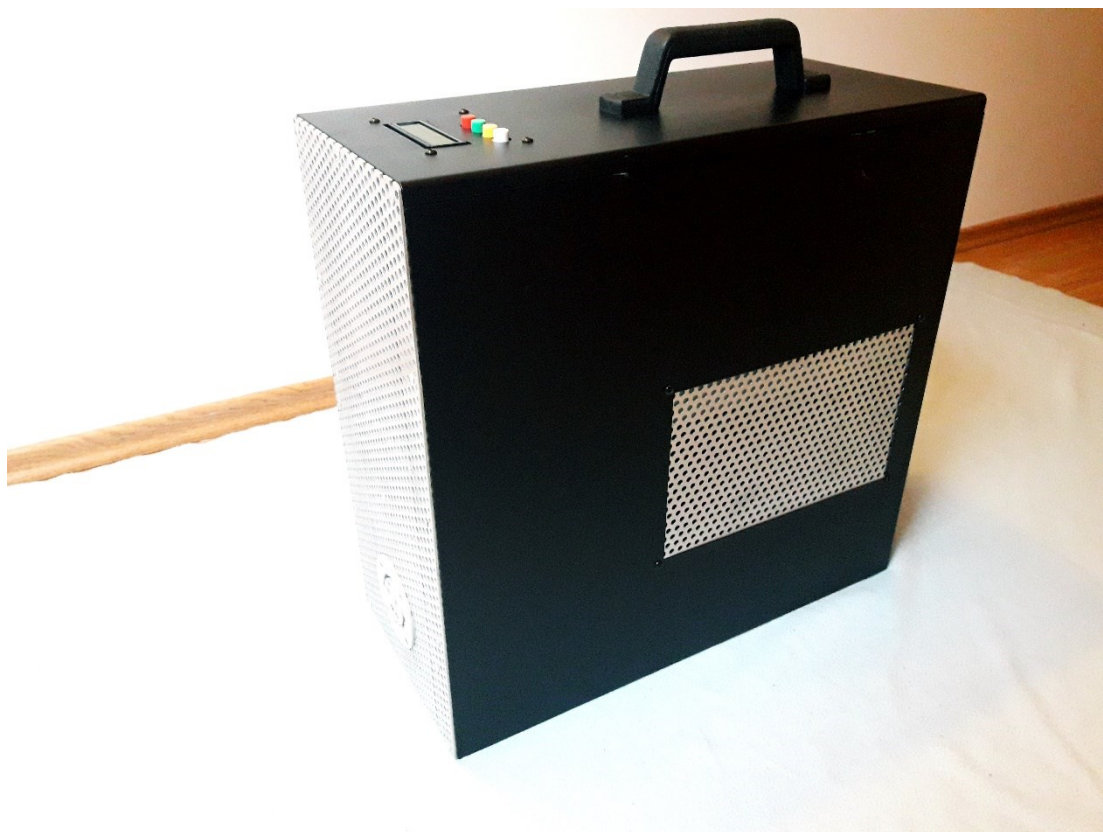
*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## 12.4 Řídící box

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*



*Obrázek 42: Reálný pohled na prototyp řídicího boxu - 1*



*Obrázek 43: Reálný pohled na prototyp řídicího boxu - 2*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*



*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

### **13 Výroba zařízení**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **14 Montáž zařízení**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

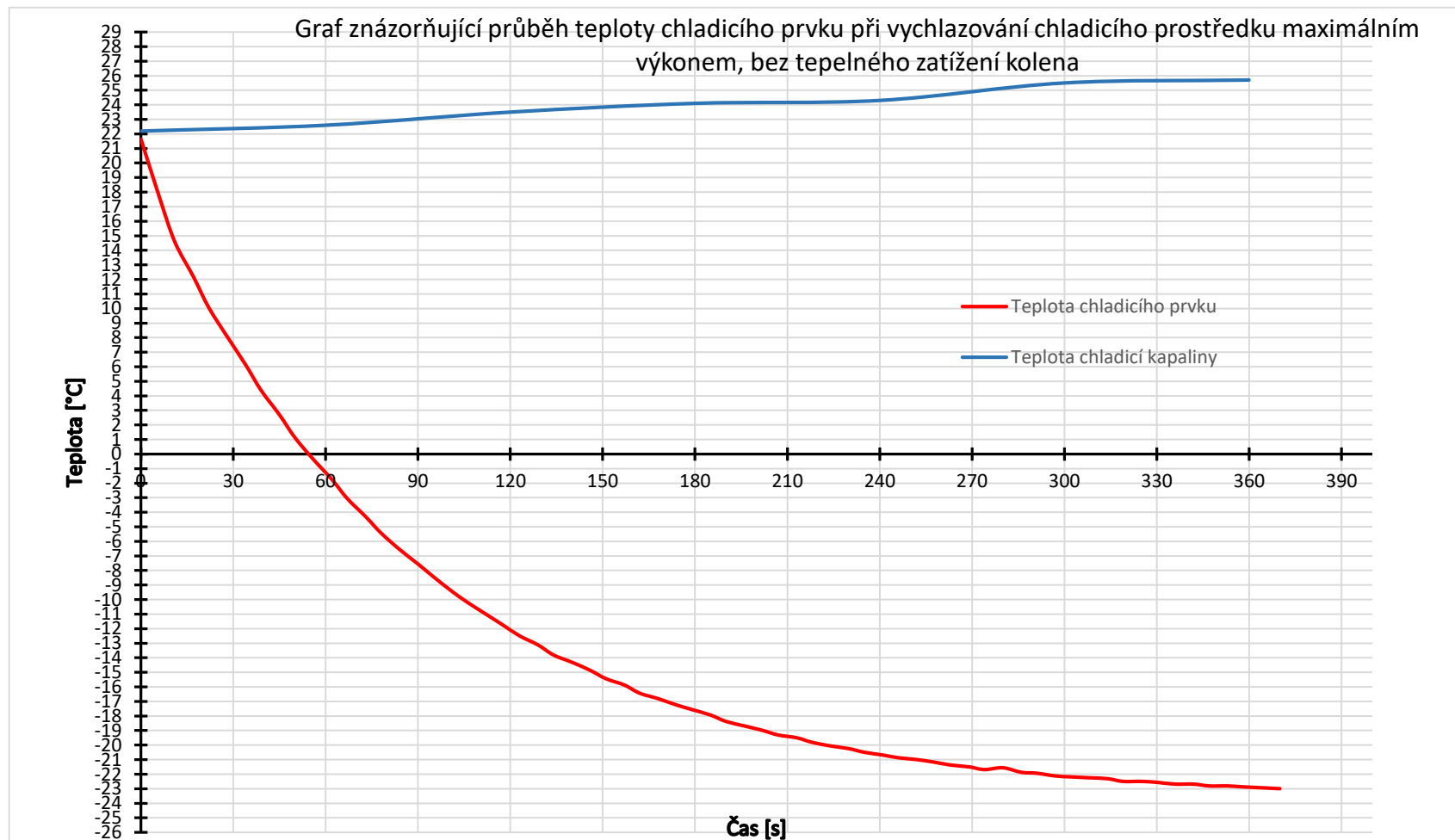
## 15 Kontrolní měření

Výsledky měření jsou shrnuty ve čtyřech následujících grafech. Cílem měření č.1, které je zaznamenáno v grafu č.4, bylo zjistit, na jakou minimální teplotu je zařízení schopno vychladit chladicí prvek. Z grafu je patrné, že chladicí prvek dosáhl minimální teploty  $-23^{\circ}\text{C}$  v čase 370 s. Data jsou užitečná zejména pro stanovení maximálních chladicích parametrů daného zařízení. Data mohou být také využita pro další vývoj řídicího systému.

Cílem měření č.2, které je zaznamenáno v grafu č.5, bylo vychlazení chladicích prostředků maximálním příkonem na teplotu  $0^{\circ}\text{C}$ . Chladicí prostředky při tomto měření byly přiloženy na koleno. Měření sloužilo zejména pro porovnání rychlosti vychlazování chladicích prostředků bez přiloženého kolena a s přiloženým kolenem. Údaje o srovnání jsou obsaženy v grafu č.8.

Měření č.3, probíhalo s přiloženými chladicími prostředky na kolenu. Rozdíl proti předchozím měřením byl, že již nedocházelo k neřízenému vychlazování maximálním výkonem, ale regulaci již zajišťovala řídicí jednotka. Požadovaná teplota chladicích prostředků byla nastavena na teplotu  $0^{\circ}\text{C}$ . Z grafu č.5, který náleží tomuto měření je patrné, že řídicí jednotka, která využívá ON-OFF regulaci oscilovala od  $+2^{\circ}\text{C}$  do  $-1^{\circ}\text{C}$ . Cílem měření bylo zjistit odchylku teploty od požadované hodnoty. Odchylku způsobuje prohřev studené strany Peltierova článku v době, kdy řídicí jednotka vypne napájení Peltierových článků, jakmile dosáhne chladicí prostředek požadované teploty.

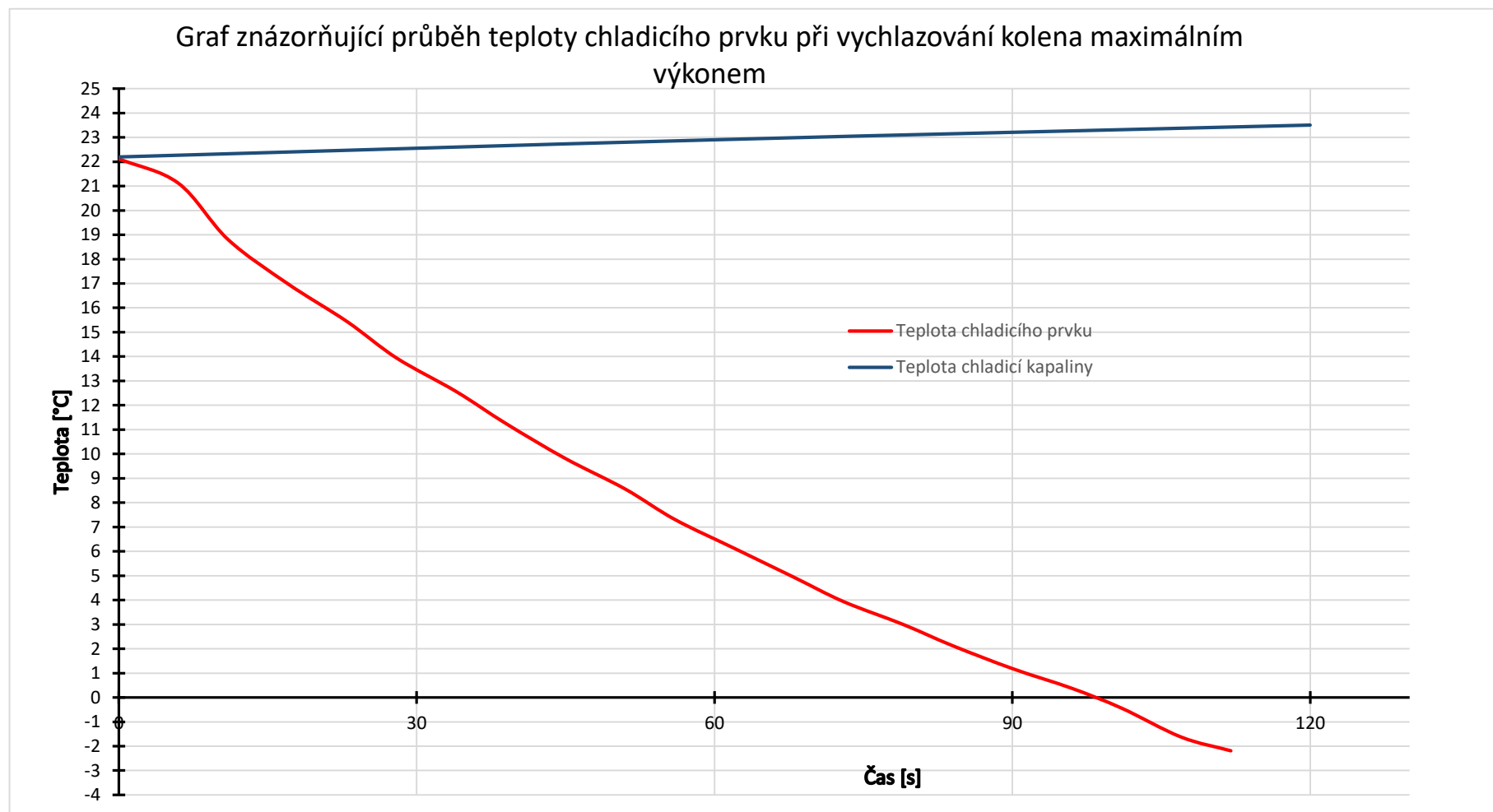
Měření č.4 znázorněné v grafu č.7 probíhalo s přiloženými chladicími prostředky na kolenu, při maximálním příkonu zařízení. Rozdíl proti měření č.2 byl, že mezi chladicí prvky a koleno byl vložen kontaktní silikonový prvek tloušťky 10mm. Cílem měření bylo zjistit minimální dosažitelnou teplotu v kontaktu mezi silikonovým prvkem a tkání. Graf zobrazuje nejnižší teplotu pouze  $4^{\circ}\text{C}$  z toho důvodu, že v měření již nebylo možno dále pokračovat vzhledem k nepříjemným pocitům, které způsobovala zvýšená doba chlazení.



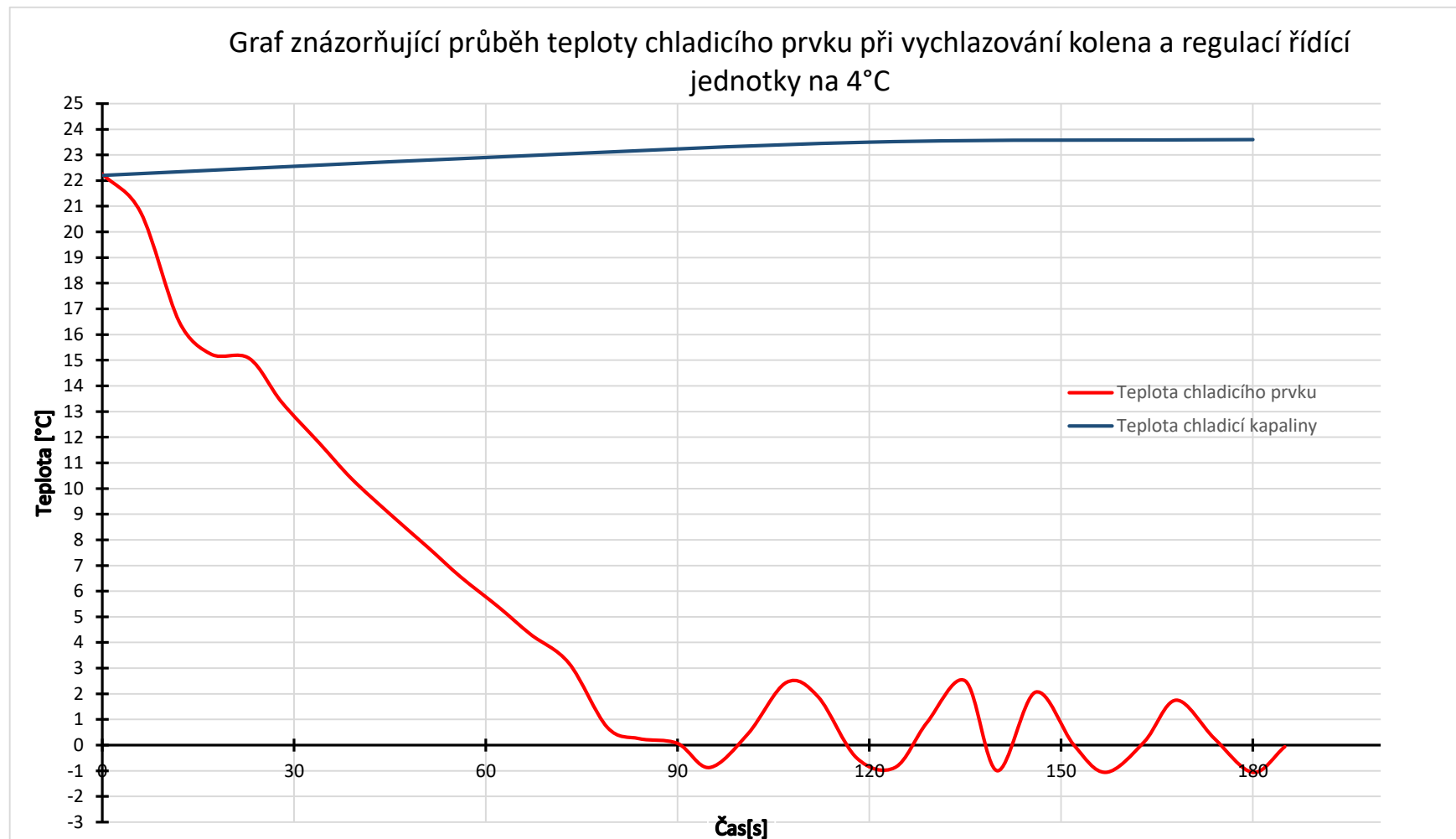
Obrázek 59: Graf měření č.1



*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

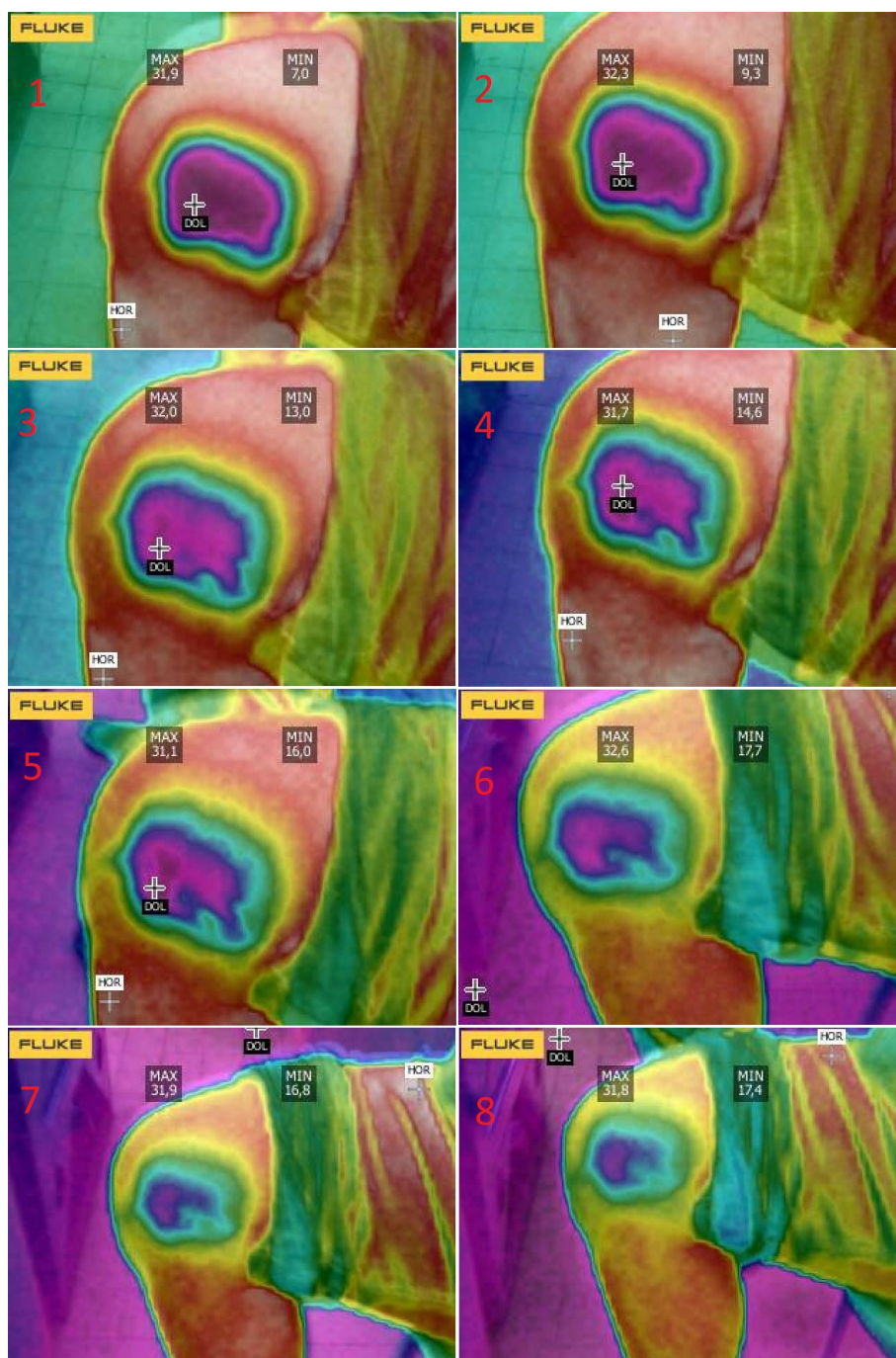


Obrázek 61: Graf měření č.2



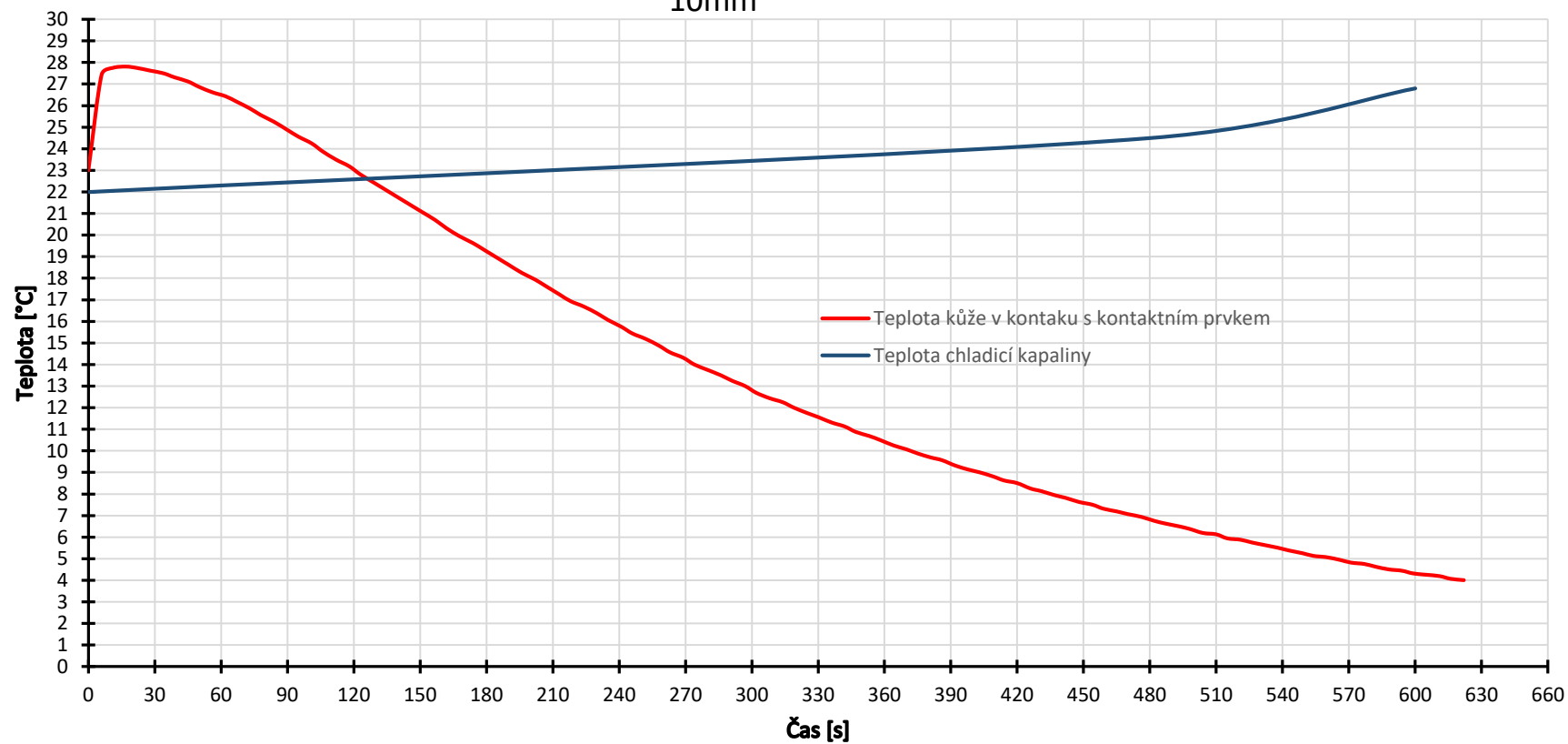
Obrázek 62: Graf měření č.3

Na následujících snímcích je zobrazeno měnící se teplotní pole kolena. Záznam byl pořízen termokamerou po sejmutí chladicích prostředků při měření číslo 3. Na snímku číslo 1 je zobrazeno teplotní pole těsně po odejmutí chladicích prostředků. Následují časy 20s, 85s, 130s, 180s, 230s, 270s a 315s. Z průběhu teplotního pole je patrné, že těsně po odejmutí chladicích prostředků je teplotně ovlivněná oblast kolena přibližně rovna velikosti chladicího prostředku. Postupem času nejvíce prochlazená oblast odebírá teplo ze zbylé plochy kolena, až do stavu, který je vidět na snímku číslo 8, kdy je teplotně ovlivněno téměř celé koleno.



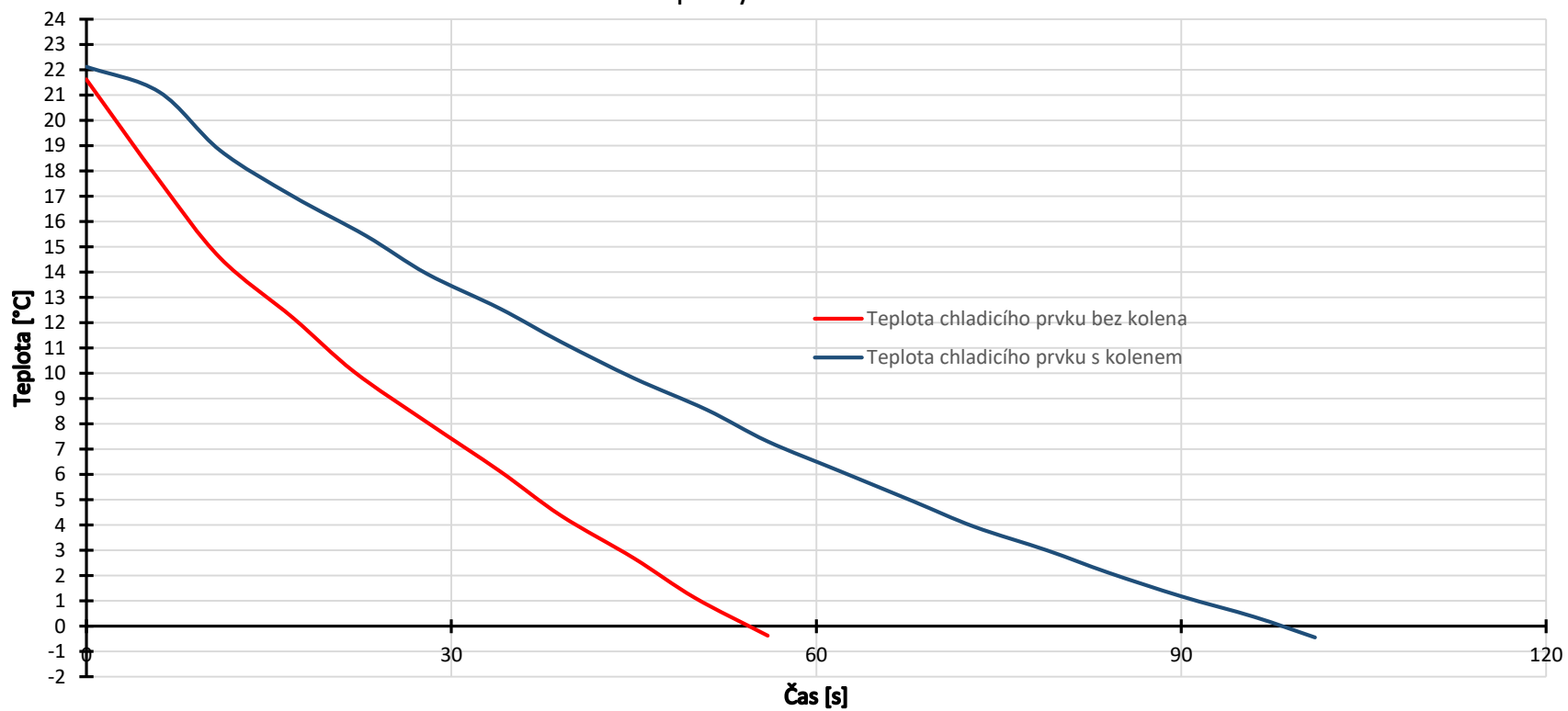
Obrázek 63: Zobrazení teplotního pole vychlazeného kolena

Graf znázorňující průběh teploty kůže v kontaktu se silikonovým kontaktním prvkem tloušťky 10mm



Obrázek 64: Graf měření č.4

Graf znázorňující časový rozdíl průběhu vychlazování na 0°C bez tepelného toku z kolena a s tepelným tokem z kolena



Obrázek 65: Graf porovnávající měření č.1 a č.2

## **16 Modelování teplotního pole chladicího prvku pomocí počítačové simulace**

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*



*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

## **Závěr**

Diplomová práce řeší návrh, výrobu, montáž a funkční ověření prototypu zařízení, které je zpracováno dle přihlášky vynálezu PV 2016-781 (Univerzální zařízení pro aplikaci hypotermie na oblasti zejména kolenního kloubu). Přihláška vynálezu byla výstupem práce, řešené v letech 2015 – 2016, kolektivem, jehož jsem byl členem. Přihláška a následný prototyp zařízení byly vypracovány metodickým postupem na základě prvního návrhu zařízení v bakalářské práci. Vývoj prvního prototypu, včetně podání PV 2016-781 probíhal s podporou programu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací GAMA, který provádí Technologická agentura České republiky. Vývoj spadl pod PRE SEED fond VŠB-Technické univerzity Ostrava, s identifikačním číslem TG01010137.

Zhotovený prototyp zařízení prokázal svou funkčnost, zejména splnil zadaná kritéria a požadavky upřesněné v seznamu výchozích požadavků. Zejména vlastní přestavba použité počítačové skříně v první prototyp řídicího boxu a využití 3D tisku k výrobě jinak složitých dílů, významně snížily výrobní náklady celého zařízení. Prototyp představuje základ pro další vývoj zařízení, zejména v oblasti řízení, designu, minimalizaci rozměrů a snižování hmotnosti.

## **Poděkování**

Mnohokrát děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňkovi Nogovi, CSc. za ochotu a odborný přínos, který do mé práce bakalářské práce vložil. Dále děkuji Ing. Václavovi Sládečkovi, Ph.D. za přínos v oblasti řízení, elektroniky a spoluúčasti na měření.

## Seznam použité literatury

- [1] BŘEZÍK, Martin. *Chladicí zařízení pro rehabilitaci oblasti kolenního kloubu*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Noga, CSc.
- [2] NOGA, Zdeněk, BŘEZÍK Martin, SLÁDEČEK Václav. *Univerzální zařízení pro lokální aplikaci hypotermie na oblasti zejména kolenního kloubu: PV 2016-781*.

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

*Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

- [39] MIKULČÁK, Jiří. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy*. Praha: Prometheus, 2003. ISBN 80-7196-264-3



## Seznam obrázků

Obrázek 1: MUELLER Ice Bag 6621, sáček na led[6].....	16
Obrázek 2: Cryo sprej[8].....	17
Obrázek 3: Mueller Chladivý/hřejivý polštářek gelové kuličky modrý[10].....	17
Obrázek 4: Artic Sun 5000[12] .....	18
Obrázek 5: Game Ready – bandáž na rameno[14].....	19
Obrázek 6: Funkční blokové schéma chladicího prostředku[15].....	29
Obrázek 7: Funkční strom chladicího prostředku[15].....	29
Obrázek 8: Funkční blokové schéma rozváděcího prvku[15].....	30
Obrázek 9: Funkční strom rozváděcího prvku[15] .....	30
Obrázek 10: Funkční blokové schéma řídicího boxu[15] .....	31
Obrázek 11: Funkční strom řídicího boxu[15] .....	31
Obrázek 12: Varianta A chladicího prostředku.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 13: Varianta B chladicího prostředku .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 14: Varianta A rozváděcího prvku.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 15: Varianta B rozváděcího prvku .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 16: Varianta a řídicího boxu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 17: Varianta B řídicího boxu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 18: Hrubá stavební struktura chladicího prostředku	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 19: Hrubá stavební struktura chladicího prostředku – detailní uspořádání	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

Obrázek 20: Hrubá stavební struktura rozváděcího prvku **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 21: Hrubá stavební struktura rozváděcího prvku – detailní uspořádání ..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 22: Hrubá stavební struktura řídícího boxu .... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 23: Hrubá stavební struktura řídícího boxu – detailní uspořádání **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 24: Popis primárního chladicího systému..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 25: Chladicí prvek a umístění teplotního čidla **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 26: Plocha kolene[1] ..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 27: Popis peltierova článku[19] .....48

Obrázek 28: Rozměry zvoleného modulu[22] ..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 29: Graf závislosti chladicího výkonu na provozním proudu[22] **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 36: Schéma hydraulického okruhu sekundárního chladicího systému ..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 38: Tlak na vstupu do chladiče .....65

Obrázek 39: Výsledek analýzy tlakové ztráty – rozložení tlaku v průtokovém chladiči ...66

Obrázek 40: Závislost průtoku na tlaku[35]..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 41: Celkový pohled na zařízení ..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 42: Reálný pohled na prototyp řídícího boxu - 1 .....79

Obrázek 43: Reálný pohled na prototyp řídícího boxu - 2 .....79

Obrázek 44: Reálný pohled na sestavu chladicího zařízení **Chyba! Záložka není definována.**

Obrázek 45: Fixace chladicího zařízení na těle.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 46: Ukázka možné průběhu chlazení kolena ..	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 47: Ukázka možného průběhu chlazení kolena	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 48: Neopracované díly vyrobené 3D tiskem ..	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 49: Výroba průduchů v řídicím boxu.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 50: Šití fixačních a seřizovacích prvků.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 51: Aplikace teplovodivé pasty .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 52: Montáž primárního chladicího systému ...	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 53: Montáž chladicího prostředku .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 54: Montáž rozváděcího prvku .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 55: Výroba a montáž řídicího boxu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 56: Zástrčka hybridního konektoru před úpravou	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 57: Kompletní zapojení řídicího boxu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 58: Původní počítač a řídicí box[38] .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 59: Graf měření č.1 .....	88
Obrázek 60: Zobrazení teplotního pole chladicího prostředku	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Obrázek 61: Graf měření č.2 .....	90
Obrázek 62: Graf měření č.3 .....	91
Obrázek 63: Zobrazení teplotního pole vychlazeného kolena .....	92
Obrázek 64: Graf měření č.4 .....	93
Obrázek 65: Graf porovnávající měření č.1 a č.2 .....	94

Obrázek 66: Srovnání teplotní analýzy a výsledku měření v čase 55sChyba! Záložka není definována.

Obrázek 67: Srovnání teplotní analýzy a výsledku měření v čase 355sChyba! Záložka není definována.

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnocení konceptů chladicího prvku .....	35
Tabulka 2: Hodnocení konceptů rozváděcího prvku.....	38
Tabulka 3: Hodnocení konceptů řídicího boxu .....	41
Tabulka 4: Hodnoty metabolismu [16] .....	46
Tabulka 5: Parametry zvoleného Peltierova modulu[21]	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 6: Základní technické parametry průtokového chladiče[23]	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 7: Součinitel místních ztrát koleno[34] .....	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 8: Seznam komponent sekundárního chladicího okruhu	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 9: Informace nezbytné pro simulaci proudění.....	65
Tabulka 10: Celkové místní ztráty v okruhu.....	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 11: Celkové třecí ztráty v okruhu.....	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 12: Detailní popis chladicího prostředku .....	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 13: Detailní popis rozváděcího prvku .....	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 14: Detailní popis fixačních a seřizovacích prvků 1	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 15: Detailní popis fixačních a seřizovacích prvků 2	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 16: Detailní popis řídicího boxu.....	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>
Tabulka 17: Technické parametry zařízení .....	<b>Chyba! Zálůžka není definována.</b>

## Seznam příloh

Název přílohy:	Počet listů/formát listu:
Příloha A: Technický proces montáže	1/A3
Příloha B: Morfologická matice chladicího prostředku	1/A3
Příloha C: Morfologická matice rozváděcího prvku	1/A3
Příloha D: Morfologická matice řídicího boxu	1/A3
Příloha E: Průběh chladicího výkonu Peltierova článku	2/A4

### Výkresová dokumentace

Název výkresu:	Číslo výkresu:	Formát výkresu/počet stran:
CELKOVÁ SESTAVA	BRE0100-DP2018-00.00.00	A2/1
ŘÍDÍCÍ BOX	BRE0100-DP2018-01.00.00	A2/1
PRŮDUCH	BRE0100-DP2018-01.01.00	A4/1
PŘEDNÍ KRYT	BRE0100-DP2018-01.02.00	A4/1
ZADNÍ KRYT	BRE0100-DP2018-01.03.00	A4/1
CHLADICÍ ZAŘÍZENÍ	BRE0100-DP2018-02.00.00	A2/1
CHLADICÍ PROSTŘEDEK	BRE0100-DP2018-02.01.00	A1/1
CHLADICÍ PRVEK	BRE0100-DP2018-02.01.01	A3/3
ZÁKLADNA	BRE0100-DP2018-02.01.02	A1/1
NOSNÝ PRVEK	BRE0100-DP2018-02.01.03	A3/1
KRYT NOSNÉHO PRVKU	BRE0100-DP2018-02.01.04	A1/1
NOSNÝ PRVEK PRŮCHODEK	BRE0100-DP2018-02.01.05	A3/1
DRŽÁK ZADNÍHO KRYTU	BRE0100-DP2018-02.01.06	A4/1

VRCHNÍ KRYT	BRE0100-DP2018-02.01.07	A3/1
ZADNÍ KRYT	BRE0100-DP2018-02.01.08	A3/1
SPOJOVACÍ TYČINKA	BRE0100-DP2018-02.01.09	A4/1
ROZVÁDĚCÍ PRVEK	BRE0100-DP2018-02.02.00	A2/1
NOSNÝ KRYT	BRE0100-DP2018-02.02.01	A2/1
ČELO	BRE0100-DP2018-02.02.02	A3/1
ZADNÍ KRYT	BRE0100-DP2018-02.02.03	A3/1
SPOJOVACÍ TYČ	BRE0100-DP2018-02.02.04	A4/1
FIXAČNÍ A SEŘIZOVACÍ PRVEK	BRE0100-DP2018-02.03.00	A2/1
ZADNÍ FIXAČNÍ A SEŘIZOVACÍ PRVEK	BRE0100-DP2018-02.04.00	A3/1
ZADNÍ FIXAČNÍ A SEŘIZOVACÍ PRVEK 2	BRE0100-DP2018-02.05.00	A3/1
FIXAČNÍ ČÁST ROZVÁDĚCÍHO PRVKU	BRE0100-DP2018-02.06.00	A3/1
PRODLUŽKA	BRE0100-DP2018-03.00.00	A3/1